

PENGARUH ELEKTROLISIS TERHADAP RENDEMEN MINYAK JARAK YANG DIHASILKAN PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL

Herlian Eriska Putra* dan Augusta Samodra Putra

Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Kampus LIPI, Jl. Cisitu – Bandung 40135

*Corresponding author. Telp: 022-2503240, E-mail: herl007@lipi.go.id

Diterima : 5 Juli 2011 ; Disetujui : 25 September 2011

ABSTRAK

Penggunaan minyak jarak sebagai sumber bahan baku pembuatan biodiesel sangat dibutuhkan untuk menurunkan ongkos produksi biodiesel, mengingat minyak jarak tergolong lemak bukan untuk pangan. Pada penelitian ini telah dilakukan proses produksi biodiesel dengan menggunakan reaktor elektrokimia. Pada treatment awal, dilakukan proses hidrolisis minyak dengan menggunakan H_2SO_4 dengan perbandingan volume asam dan minyak adalah 1 : 20. Pada treatment lanjutan, dilakukan proses dekarboksilasi melalui elektrolisis. Proses ini dilakukan dengan memvariasikan voltase 0 V, 10 V, 20 V, 30 V, variasi konsentrasi asam asetat 0,5 M, 1 M, 1,5 M, serta jarak antar elektroda pada reaktor 5 cm dan 10 cm. Dari percobaan terlihat bahwa elektrolisis dengan parameter voltase, larutan elektrolit asam, serta jarak elektroda mempengaruhi rendemen proses dekarboksilasi. Elektrolisis dengan konsentrasi asam asetat 1,5 M dan voltase sebesar 30 volt diperoleh persen rendemen senyawa biodiesel tertinggi yaitu 70,432% pada reaktor dengan jarak antar elektroda 5 cm. Sedangkan pada reaktor dengan jarak antar elektroda 10 cm, rendemen tertinggi adalah 53,372% dengan mereaksikan minyak dengan asam asetat 1,5 M dan voltase 30 Volt

Kata kunci : voltase, dekarboksilasi, elektrolisis, konsentrasi asam, jarak elektroda, biodiesel

ABSTRACT

The use of jatropha oil as a source of raw material for making biodiesel is needed in order to decrease the production cost of biodiesel, since

jatropha oil is categorized as non edible fat. In this research, the biodiesel production process by using an electrochemical reactor has been done. At the beginning of treatment, carried out the hydrolysis of oil by using H_2SO_4 with acid and oil volume ratio is 1: 20. At follow-up treatment, carried out the decarboxylation via electrolysis. This process is done by varying the voltage of 0 V, 10 V, 20 V, 30 V, the variation of the concentration of 0.5 M acetic acid, 1 M, 1.5 M, as well as the distance between the electrodes in the reactor 5 cm and 10 cm. From the experiments shown that electrolysis with voltage parameters, acidic electrolyte solution, and electrode spacing affects the yield of decarboxylation process. Electrolysis with 1.5 M acetic acid concentration and voltage of 30 volts per cent obtained the highest biodiesel yield of compound that is 70.432% in the reactor with inter-electrode distance of 5 cm. While in the reactor with inter-electrode distance of 10 cm, the highest yield was 53.372% by reacting the oil with 1.5 M acetic acid and voltage 30 Volt.

Keywords : voltage, decarboxilation, electrolysis, acid concentration, electrode distance, biodiesel

PENDAHULUAN

Penghematan biaya produksi biodiesel dapat dilakukan melalui penggantian bahan baku yang lebih murah seperti lemak dari hewan, limbah dari minyak makan, dan produk sampingan dari pemurnian minyak sayur.⁽¹⁾ Hal ini bisa dilakukan karena hampir lebih dari 95% bahan baku produksi biodiesel berasal dari minyak nabati karena sifat dari biodiesel yang dihasilkan dari minyak ini sangat mirip dengan diesel yang berasal dari fosil.⁽²⁾

Adalah jarak pagar (*Jatropha curcas*), tumbuhan yang dikelompokkan pada keluarga *Euphorbiaceae* inilah dapat digunakan sebagai sumber lemak yang potensial untuk dijadikan biodiesel, mengingat jarak tergolong lemak bukan untuk pangan. Kata *jatropha* sendiri berasal dari bahasa latin, *jatros* yang berarti doktor, dan *trophe* yang berarti makanan. Hal ini dikarenakan banyak sekali senyawa yang sangat bermanfaat didalamnya. Tanaman jarak merupakan vegetasi alami daerah tropis amerika^(3,4) Akan tetapi, penyebarannya dapat ditemukan hingga wilayah sahara, asia tenggara, dan china⁽⁵⁾ Tanaman ini dapat diproduksi sejak umur 3-4 bulan hingga usia 50 tahun. Pada biji jarak mengandung minyak hingga 40%.⁽⁶⁾ Dalam perkembangannya, ada beberapa prosedur yang biasa digunakan untuk modifikasi dan menghasilkan kualitas biodiesel yang lebih baik, diantaranya; pencampuran (*blending*) minyak nabati dan diesel fosil, mikroemulsi, pirolisis dan transesterifikasi.^(2,7)

Pada tahun 1980, Caterpillar di Brasil telah melakukan proses pencampuran (*blending*) menggunakan 10% campuran minyak sayur pada bahan bakar tanpa perubahan apapun atau penyesuaian terhadap mesin. Bahkan campuran minyak nabati 20% dan 80% solar juga dikabarkan telah berhasil.⁽⁸⁾ Pendekatan lain dicoba untuk menurunkan viskositas minyak nabati melalui mikroemulsi. Mikroemulsi dengan butanol, heksanol dan oktanol dapat memenuhi batasan viskositas maksimum untuk mesin diesel.⁽⁷⁾ Sebuah mikroemulsi pernah dilakukan dengan pencampuran kedelai minyak, methanol, 2-oktanol dan setana dalam rasio 52,7 : 13,3 : 33,3 : 1,0 dan telah lulus uji Engine Manufacturers Association selama 200 jam (200 h EMA).⁽⁹⁾

Metode lain pembuatan biodiesel berikutnya adalah pirolisis. Dimana ini adalah proses konversi dari satu zat ke lain dengan cara panas atau dengan bantuan katalis dalam ketiadaan udara atau oksigen. Bahan yang digunakan untuk pirolisis dapat sayur minyak, lemak hewan, asam lemak alami dan ester metil asam lemak.⁽⁷⁾ Viskositas dari hasil pirolisa minyak kedelai adalah 10,2 cSt pada 37,8°C, nilai yang lebih tinggi dari kisaran yang ditentukan American Standard Testing Material (ASTM) untuk bahan bakar diesel namun masih dapat diterima karena jauh di bawah viskositas minyak kedelai.⁽¹⁰⁾

Metode terakhir adalah yang umum digunakan untuk pembuat biodiesel yaitu transesterifikasi. Transesterifikasi (alkoholisis) adalah reaksi kimia yang melibatkan trigliserida dan alkohol dengan adanya katalis untuk membentuk ester dan gliserol. Katalis biasanya digunakan untuk meningkatkan dan meningkatkan laju reaksi sehingga reaksi dapat diselesaikan dalam waktu reaksi yang lebih singkat. Hanya saja, hampir semua produk tersebut biodiesel masih dalam bentuk metil ester. Metil ester yang dihasilkan (biodiesel) yang secara hakikatnya hanya memiliki sifat fisika yang menyerupai diesel bukan secara kimia. Oleh karena itu penggunaan biodiesel yang hakekatnya adalah ester akan menyebabkan masalah pada mesin diesel.

Pada penelitian ini merupakan studi pendahuluan untuk mempelajari proses elektrolisis pada pembuatan biodiesel dari jarak pagar. Penerapan metode elektrolisis pada pembuatan biodiesel ini masih tergolong jarang dilakukan. Hal ini berdampak langsung pada perolehan bibliografi terkait metode tersebut. Proses elektrolisis ini diharapkan dapat mengurangi pembentukan ester sehingga dapat menaikkan rendemen produk. Pada penelitian ini akan diamati pengaruh elektrolisis dengan memvariasikan beberapa parameter seperti voltase, konsentrasi larutan elektrolit, dan jarak antar elektroda terhadap rendemen minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) dengan menggunakan reaktor elektrokimia sebagai metode alternatif membuat biodiesel yang berkualitas.

BAHAN DAN METODA

Bahan

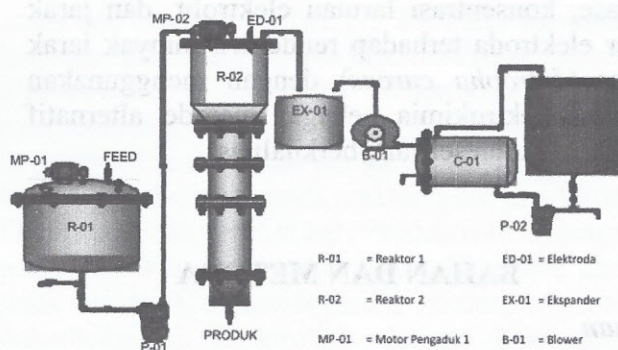
Material dan reagen

Minyak mentah jarak (*Jatropha oil*) dibeli dari perkebunan rakyat di Provinsi Bengkulu. Minyak jarak ini masih berupa minyak press yang masih harus dipurifikasi. Getah pada minyak *jatropha* berbentuk seperti koloid sehingga tidak dapat dilakukan dengan penyaringan biasa. Proses *degumming* dilakukan dengan cara penambahan asam posfat ke dalam minyak dengan rasio 1 : 2, lalu dipanaskan sehingga akan membentuk senyawa fosfolipid yang lebih mudah terpisah dari minyak. Kemudian dilanjutkan dengan proses pemusingan (*sentrifusi*). Minyak hasil *degumming* kemudian dipisahkan dari getahnya sehingga

didapatlah *degummed jatropha oil*.⁽¹¹⁾ *Degummed jatropha oil* inilah yang akan diproses pada dua tahapan proses utama selanjutnya. Asam posfat, asam asetat, asam sulfat serta metanol 99%, diperoleh dari Merck.

Metoda (Rancangan Percobaan)

Penelitian ini menggunakan tiga tahapan proses; purifikasi minyak mentah jarak, proses hidrolisa dan proses dekarboksilasi dengan menggunakan reaktor elektrokimia (*electrochemical reactor*). Untuk rancangan reaktor dapat dilihat pada Gambar 1. Variabel proses yang diamati pada konversi *Jatropha Oil* menjadi biodiesel ini yaitu voltase (V) yang diberikan selama reaksi. Dengan memvariasikan voltase (V) yang berbeda maka diharapkan dapat dilihat secara jelas pengaruh perbedaan kualitatif sifat kimia dan fisika dari biodiesel yang dihasilkan dibandingkan dengan diesel dari PT Pertamina. Selain itu pengamatan kuantitatif meliputi jarak antar elektroda dan konsentrasi asam asetat dilakukan. Dalam hal ini, tentunya akan memberikan pengaruh terhadap proses elektrolisa. Kedua rasio ini akan sangat menentukan besarnya persentase (%) rendemen biodiesel yang akan dihasilkan.



Gambar 1. Reaktor Elektrokimia

Hidrolisa

Minyak jarak dan asam sulfat dengan perbandingan volume H_2SO_4 dan minyak 1 : 20 dimasukkan dalam reaktor (autoklaf), kemudian pemanas dan motor pengaduk dihidupkan sampai dicapai suhu yang diinginkan ($110^\circ C$) lalu pemanas dan motor pengaduk dimatikan. Kemudian ditambahkan air panas lebih besar $80^\circ C$ dengan perbandingan jumlah air dibandingkan minyak sebesar 7 : 6. Pemanas dan motor pengaduk dihidupkan kembali. Setelah dicapai suhu yang

diinginkan ($110^\circ C$) diatur waktu proses selama 8 jam. Hasil hidrolisa ini mengandung dua lapis produk, yaitu produk atas berupa FFA dan produk bawah berupa gliserol, serta air hasil reaksi. Pemisahan produk reaksi dilakukan dengan cara setling biasa karena perbedaan densitas.

Dekarboksilasi

Pada proses ini FFA dari proses pemurnian didekarboksilasi dengan memakai bantuan CH_3COOH sebagai larutan elektrolit. Larutan elektrolit CH_3COOH dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M dicampur dengan FFA dengan perbandingan 1 : 2 dimasukkan dalam reaktor kemudian di aduk. Elektroda yang dipakai yaitu elektroda perak (Ag) dan tembaga (Cu) dan dirangkai dengan variasi jarak 5 dan 10 cm.

proses ini FFA dari proses pemurnian didekarboksilasi dengan memakai bantuan CH_3COOH sebagai larutan elektrolit. Larutan elektrolit CH_3COOH dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M dicampur dengan FFA dengan perbandingan 1 : 2 dimasukkan dalam reaktor kemudian di aduk. Elektroda yang dipakai yaitu elektroda perak (Ag) dan tembaga (Cu) dan dirangkai dengan variasi jarak 5 dan 10 cm.

Proses awal adalah melakukan elektrolisa dengan mengaktifkan kerja elektroda perak dan tembaga dan atur potensial elektroda mulai dari 0, 10, 20, 30 volt melalui AC/DC converter. Proses ini akan memakan waktu 30 menit. Setelah 30 menit dielektrolisa, dilakukan pemanasan. Kontrol panel termostaat dihubungkan dengan termocouple dan pemanas (heating coil) di reaktor. Atur temperatur yang diinginkan yaitu $80^\circ C$. Bila setting temperatur telah tercapai, biarkan kondisi suhu konstan dalam waktu 30 menit dengan tetap melakukan proses elektrolisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses dekarboksilasi menggunakan reaktor elektrokimia

Asam lemak bebas atau FFA yang dikonversi merupakan asam lemak bebas dari pemecahan trigliserida sehingga dalam proses dekarboksilasi ini bukan hanya terdapat satu jenis asam lemak bebas tetapi minimal 3 jenis asam lemak bebas. Sehingga pada reaksi oksidasi akan menghasilkan minimal 3 jenis radikal bebas.

bersifat random dan akan menghasilkan hidrokarbon dengan rantai sangat panjang dan bersifat padat pada suhu ruang, hal ini tidak diinginkan dalam proses. Sehingga diperlukan radikal lainnya yang sangat aktif. Radikal yang paling aktif yaitu radikal dengan rantai alkil paling pendek yaitu CH_3^\cdot .

Proses dekarboksilasi tidak dapat terjadi hanya karena pemanasan biasa¹², oleh karena itu dibantu dengan proses elektrolisis. Pada proses ini dipakai asam asetat sebagai larutan elektrolitnya dengan konsentrasi 0,5 M ; 1 M ; 1,5 M dan diberikan voltase sebesar 10 V ; 20 V ; 30 V. Tabel 1

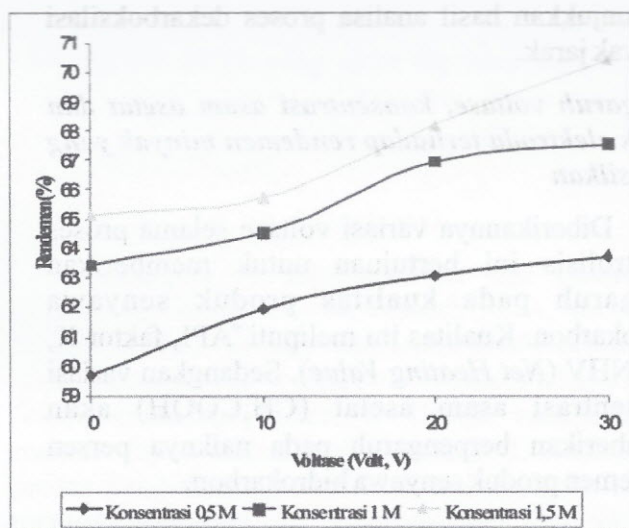
minyak jarak.

Pengaruh voltase, konsentrasi asam asetat dan jarak elektroda terhadap rendemen minyak yang dihasilkan

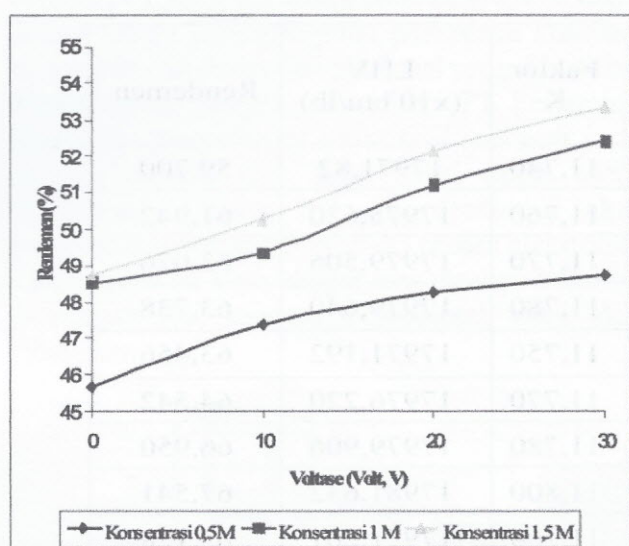
Diberikannya variasi voltase selama proses elektrolisis ini bertujuan untuk memberikan pengaruh pada kualitas produk senyawa hidrokarbon. Kualitas itu meliputi °API, faktor K, dan NHV (*Net Heating Value*). Sedangkan variasi konsentrasi asam asetat (CH_3COOH) akan memberikan berpengaruh pada naiknya persen rendemen produk senyawa hidrokarbon.

Tabel 1. Hasil analisa sifat fisika dan kimia proses dekarboksilasi

Run	Jarak Elektroda (cm)	Konsentrasi Larutan (M)	Voltase (V)	°API	Faktor K	LHV ($\times 10^3 \text{btu/lb}$)	Rendemen
1.	1	0,5	0	23,145	11,740	17971,82	59,700
2.			10	23,280	11,760	17975,620	61,942
3.			20	23,398	11,770	17979,506	63,076
4.			30	23,586	11,780	17979,640	63,738
5.		1	0	23,179	11,750	17971,192	63,456
6.			10	23,365	11,770	17976,220	64,542
7.			20	23,437	11,780	17979,906	66,950
8.			30	23,675	11,800	17981,632	67,541
9.		1,5	0	23,188	11,760	17971,201	65,128
10.			10	23,479	11,780	17977,620	65,715
11.			20	23,565	11,800	17982,506	68,184
12.			30	23,850	11,810	17982,940	70,432
13.	10	0,5	0	21,988	11,153	17072,623	45,653
14.			10	22,116	11,172	17076,839	47,367
15.			20	22,228	11,182	17080,531	48,235
16.			30	22,406	11,191	17081,321	48,741
17.		1	0	22,020	11,163	17072,632	48,525
18.			10	22,197	11,182	17077,409	49,356
19.			20	22,401	11,191	17081,213	51,197
20.			30	22,491	11,210	17081,927	52,423
21.		1,5	0	22,029	11,166	17072,641	48,758
22.			10	22,305	11,193	17078,739	50,253
23.			20	22,470	11,200	17083,381	52,140
24.			30	22,657	11,220	17083,793	53,372



(a)



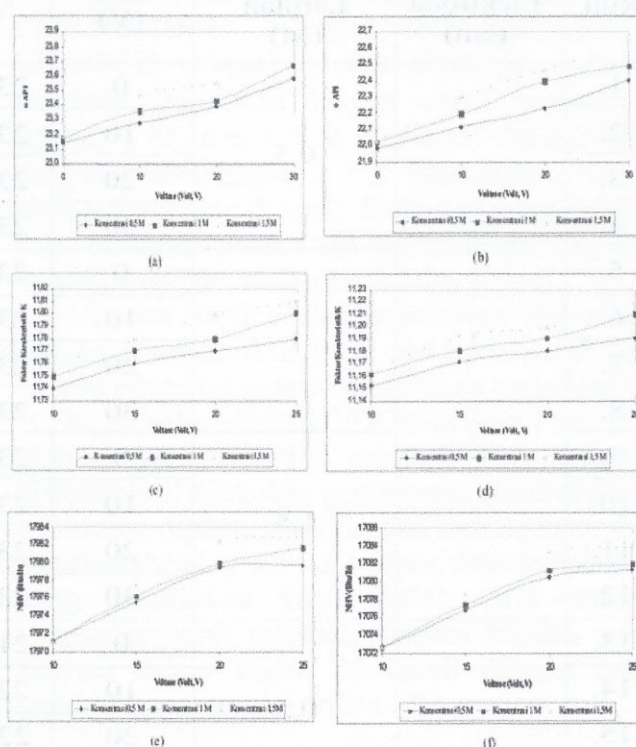
(b)

Gambar 2. (a) Grafik pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap rendemen senyawa hidrokarbon pada reaktor dengan jarak elektroda 5 cm; (b) Grafik pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap rendemen senyawa hidrokarbon pada reaktor dengan jarak elektroda 10 cm

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi konsentrasi larutan mempengaruhi banyaknya rendemen yang dihasilkan. Semakin pekat konsentrasi larutan, maka semakin besar pula rendemen yang dihasilkan. Rendemen terbesar dihasilkan dari konsentrasi 1,5 M dengan voltase 30 Volt. Semakin pekat konsentrasi asam asetat maka semakin banyak jumlah asam asetat, dan semakin tinggi voltase maka nilai konduktivitasnya juga semakin tinggi. Hal tersebut menyebabkan semakin banyak pula elektron bebas

yang akan mengganggu kestabilan ikatan pada FFA (*free fatty acid*) sehingga FFA yang akan terion juga semakin banyak. Semakin banyak FFA yang terion, maka banyaknya anion asiloksi yang akan dioksidasi juga meningkat, hal ini menyebabkan senyawa hidrokarbon yang terbentuk juga meningkat. Hal inilah yang menyebabkan persen rendemen meningkat. Kenaikan persen rendemen ini juga ditandai dengan meningkatnya produksi gas CO_2 sebagai indikator proses dekarboksilasi berjalan dengan baik.¹³ Dari grafik diatas dapat disimpulkan juga bahwa semakin dekat jarak elektroda pada reaktor elektrokimia, maka rendemen yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin efektifnya pergerakan elektron radikal (transfer elektron).

Pengaruh voltase, konsentrasi asam asetat dan jarak elektroda terhadap °API, faktor k dan NHV



Gambar 3. (a) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap °API pada jarak elektroda 5 cm; (b) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap °API pada jarak elektroda 10 cm; (c) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap faktor k pada jarak elektroda 5 cm; (d) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap faktor k pada jarak elektroda 10 cm; (e) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap NHV pada jarak elektroda 5 cm; (f) Pengaruh voltase dan konsentrasi asam terhadap NHV pada jarak elektroda 10 cm

Derajat API salah satu parameter untuk menentukan produk terbaik karena output yang diinginkan untuk mendapatkan bahan bakar ; dengan °API yang menyamai atau mendekati °API petrokerosin. Dari °API kita dapat mengetahui karakteristik-karakteristik minyak bakar lainnya, diantaranya berat jenis (spgr), faktor K, dan *Low/Net Heating Value* (NHV).

Dari Gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi untuk jarak elektroda 5 cm diperoleh pada run (percobaan) ke-12 dengan konsentrasi asam asetat 1,5 M dan voltase 30 V yaitu sebesar 23,85. Sedangkan dengan nilai terendah yaitu sebesar 23,145 dengan run ke-1 dimana konsentrasi asam asetat 0,5 M dan voltase 0 V (tanpa elektrolisis).

Nilai tertinggi untuk jarak elektroda 10 cm diperoleh pada run (percobaan) ke-24 dengan konsentrasi asam asetat 1,5 M dan voltase 30 V yaitu sebesar 22,657. Sedangkan dengan nilai terendah yaitu sebesar 21,988 dengan run ke-13 dimana konsentrasi asam asetat 0,5 M dan voltase 0V (tanpa elektrolisis). Lihat Gambar 3b.

Naiknya konsentrasi asam asetat berarti bertambah pula radikal metil sehingga kemungkinan terbentuknya senyawa hidrokarbon rantai pendek juga semakin meningkat. Terbentuknya senyawa hidrokarbon yang lebih pendek ini ditandai dengan menurunnya densitas yang mengakibatkan nilai °API produk akan meningkat. Dengan diperolehnya nilai °API, maka kita akan dapat melihat kecenderungan grafik yang serupa pada faktor K, dan *Low/Net Heating Value* (NHV).

Perbandingan rendemen biodiesel yang dihasilkan terhadap diesel komersil

Dari hasil analisa yang dilakukan PT. Pertamina RU 3 Plaju, yang meliputi beberapa parameter penting pada sifat fisika produk dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Perbandingan Spesifikasi Minyak Diesel Pertamina dengan Biodiesel

No	Properties	Satuan	Metode	Minyak Diesel Pertamina	Biodiesel
1	Specific Gravity 60/60°F	-	ASTM D - 1298	0,840 - 0,920	0,846
2	Colour ASTM	-	ASTM D - 1500	Maks 6	2
3	Flash Point Able	°F	IP - 170	150	235
4	Cetane Index	-		48	21
5	Net Heating Value	Btu/lb		19,140	17,980

Pada Tabel di atas terlihat bahwa produk penelitian memiliki karakteristik yang hampir mendekati karakteristik diesel produk Pertamina. Namun produk ini masih harus diperbaiki kualitasnya serta diuji coba untuk dapat digunakan secara komersial.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, digunakan reaktor elektrokimia dengan elektroda yang dapat diubah jarak antara keduanya. Variasi jarak antar elektroda, voltase dan konsentrasi asam asetat pada proses dekarboksilasi telah mempengaruhi persen rendemen yang diperoleh. Dimana dengan konsentrasi asam asetat 1,5 M dan voltase sebesar 30 volt diperoleh persen rendemen senyawa biodiesel tertinggi yaitu 70,432% pada reaktor dengan jarak antar elektroda 5 cm. Sedangkan pada reaktor dengan jarak antar elektroda 10 cm, rendemen tertinggi adalah 53,372% dengan mereaksikan minyak jarak dengan asam asetat 1,5 M dan voltase 30 volt. Antara kedua elektroda memiliki jarak optimum, yang akan mempengaruhi elektron yang berpindah. Semakin jauh jarak antar elektroda, maka semakin panjang jarak tempuh elektron. Hal ini akan menambah waktu proses yang tengah berlangsung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak M. Fathoni, Staf R&D, PT. Pertamina RU 3 Plaju, dan khusus kepada Dr. M. Djoni Bustan, M.Eng yang telah mengijinkan penggunaan laboratorium teknologi energi serta diskusi proses kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

1. V.B.Veljkovic', S.H. Lakicevic., O.S. Stamenkovic., Z.B. Todorovic, K.L. Lazic., Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids. *Fuel*. 85 : 2671–2675. (2006)
2. D.Y.C. Leung., X. Wu., M.K.H., Leung. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*. 87 : 1083–1095. (2010)

3. R. Sarin., Sharma., S. Sinharay., R.K.Malhotra., Jatropha-Palm biodiesel blends: an optimum mix for Asia. *Fuel*. 86 : 1365-1371.(2007)
4. K. Pramanik., Properties and use of Jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renew. Energy*. 28 : 239-248.(2003)
5. S. Tamalampudi., M.R. Talukder., S. Hama., T. Numata., A. Kondo., H. Fukuda., Enzymatic production of biodiesel from Jatropha oil: a comparative study of immobilized-whole cell and commercial lipases as a biocatalyst. *Biochem. Eng. J.* 39 : 185-189.(2008)
6. S. Jain., Sharma, M.P. Biodiesel production from Jatropha oil. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 14 : 3140-3147.(2010)
7. S. Jain., M.P. Sharma., Prospects of biodiesel from Jatropha in India: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14 : 763-771.(2010)
8. S.P. Singh., D. Singh., Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of biodiesel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12 : 200-216.(2010)
9. C.E. Goering., 1984. Final report for project on effect of non-petroleum fuels on durability of direct-injection diesel engines under contract 59-2171-1-6-057-0. (unpublished)
10. A.W. Schwab., M.O. Bagby., B. Freedman., *Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils*. Peoria, IL, USA: Northern Regional Research Center, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.(1987).
11. L. Rajam., D.R. Soban Kumar., A. Sundaresan., C. Arumughan., A novel process for physically refining rice bran oil through simultaneous degumming and dewaxing. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82 : 213-220.(2005).
12. B. Ernst., C. Leumann (1995). *Modern synthetic methods*. Verlag Helvetica Chimica Acta, CH-4010, Basel, Switzerland. 7 : 57-59.
13. A.K.Vijh., B.E.Conway., Electrode kinetic aspects of the Kolbe reaction. *Chem. Rev.* 67 (6): 623-664.(1967).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak M. Lathoni, Staf R&D, PT Pertamina KUT, Ploas dan Khusus kepada Dr. M. Djoni, Irtan, M.Eng yang telah mengizinkan penggunaan laboratorium teknologi energi serta fasilitas yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. V.B.Veljkovic., S.F. Jakovljevic., O.S. Stamenkovic., X.B. Jakovljevic., K.J. Lazic., Biodiesel production from tobacco (Nicotiana glauca L.) seed oil with a high catalyst free. *Bioprocess and Bioengineering*. 25 : 2571-2575 (2006)
2. D.Y.C. Leung., X. Wu., M.K.H. Leung., A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*. 87 : 1083-1095 (2010)

Terdapat analisis yang dilakukan PT Pertamina KUT Ploas yang meliputi beberapa parameter penting pada jenis produk dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan Sifat Fisika Minyak Baku Pertamina Kertan Biodiesel

No	Parameter	Minyak Baku	Kertan Biodiesel
1	Titik Dididih	343,0	343,0
2	Titik Beku	-18,0	-18,0
3	Titik Nyala	120,0	120,0
4	Titik Asap	230,0	230,0
5	Titik Keras	10,0	10,0
6	Titik Lunak	10,0	10,0